



# グラビティ・パラドックス

## Gravity Paradox

大塚 広太<sup>1)</sup>, 山下 朋也<sup>1)</sup>, 内野 蒼平<sup>1)</sup>, 竹島 光一<sup>1)</sup>, 宮島 裕大<sup>1)</sup>, 松岡 祐汰<sup>1)</sup>,  
小倉 綾介<sup>1)</sup>, 大谷 駿介<sup>1)</sup>

Kota Otsuka, Tomoya Yamashita, Sohei Uchino, Koichi Takeshima, Yudai Miyazima, Yuta Matsuoka, Ryosuke Ogura,  
Shunsuke Ohtani

1) 工学院大学 VR プロジェクト (〒192-0015 東京都八王子市中野町 2 6 6 5 番地 1, j123057@ns.kogakuin.ac.jp)

**概要** : 重力とは私たちの生活や宇宙の運動を支配する重要な物理現象でありながら、解明されていない点も多い不思議な存在である。本企画では、重力が物理法則に反する未知の体験を提供することを目指す。オランダの画家 M.C. エッシャーは、一見現実的でありながら実際にはあり得ない情景を描く「だまし絵」で知られており、その代表作『相対性』では異なる向きの重力が同時に存在する空間が描かれている。このような異なる向きの重力が複数存在する空間を仮想空間上に再現し、その中を移動することで重力の向きが変化する摩訶不思議な体験を提供する。

**キーワード** : 重力, 傾斜提示, だまし絵, 重力変化

### 1. 目的

重力とは、物理世界を構成する重要な要素でありながら、未だ科学で解明されていない点も多い不思議な存在である。私たちの日常生活で誰もが影響を受けているのが重力であり、宇宙の天体の運動を支配しているのも重力である。この世界で何人も逃れられない重力に対して、もしその絶対的な法則に反する体験ができたとしたら、それはどのような感覚になるだろうか。本企画は、重力が物理法則に反する形で働く不思議な体験を提供することを目的とする。

現実の物理法則に反するような描写を用い、摩訶不思議な世界を創造しようとした人物がいる。オランダ人画家の M.C. エッシャーである。エッシャーは、一見存在しそうで実際にはありえない情景を描くことを得意とし、数多くの不思議な「だまし絵」を遺した。代表作の一つが、図 1 に示す『相対性』[1]である。

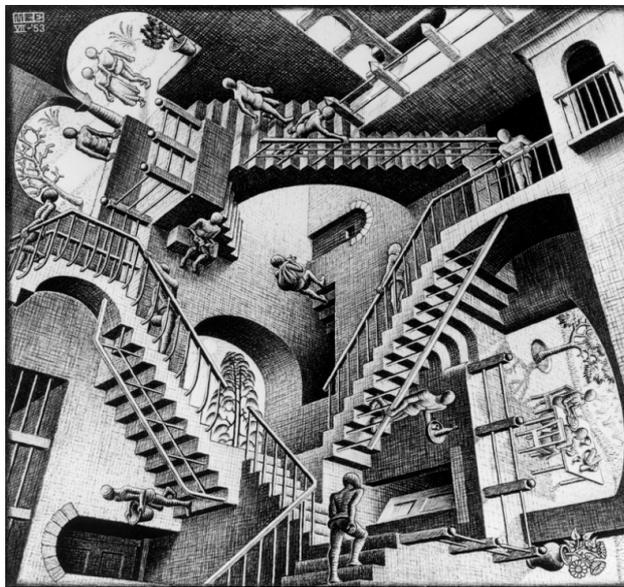


図 1 『相対性』

この作品では、向きの異なる複数の重力が存在する。場所によって下向きの重力、上向きの重力など働く重力の方向が異なるが、それらの空間がシームレスにつながり合っている。異なる重力の働く空間が、同居しているのである。

私たちはこのエッシャーの作品のように異なる重力がひとつに同居する空間を仮想空間上に再現し、その中を移動することで重力の変化を体験できる企画を制作する。

## 2. 企画の概要

### 2.1 仮想空間上の体験

本企画の舞台は、それぞれ方向の異なる重力が複数存在する世界である。プレイヤーはこの世界を探索するため、宙に浮いて移動できる UFO のような乗り物（以下ミニ UFO と呼ぶ）に乗る。このミニ UFO は、重力が変わる際に体験者がバランスを崩して壁に激突することのないよう、体験者の体勢を安定させる役割もある。プレイヤーはミニ UFO に乗って移動しながら、複数の重力が混在する世界を探索する。プレイヤーの目的は、方向がおかしくなってしまった重力の向きを正し、全ての重力の向きを一方向に統一することである。複数の重力が混在するステージの一例を図 2 に示す。

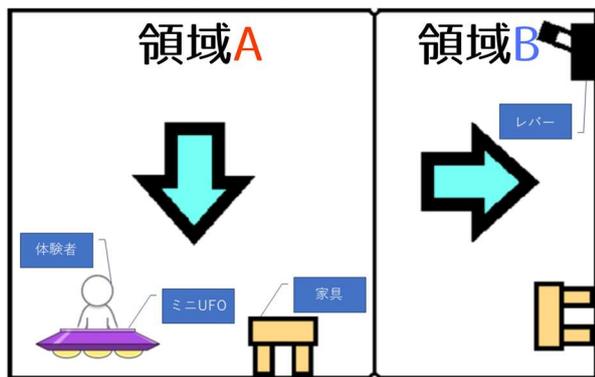


図 2 ステージの一例

図の左側の領域では下向きの重力が、右側の領域では右向きの重力が働いている。それぞれ領域 A、領域 B とする。このステージでのゴールは、領域 B の右向きの重力を、下向きに直すことである。領域 B の重力を直すには、領域 B 内にあるレバーを倒すことで実現できる。体験者は、①領域 A から領域 B に侵入したタイミング、②領域 B にてレバーを倒し重力を正したタイミングの 2 回で、重力が変化する体験をすることができる。

### 2.2 装置の概要

前項で述べたような重力が変化する感覚を提示するため、座った体験者を傾けることができる装置を用いる。これを傾斜装置とよぶ。概略図を図 3 に示す。

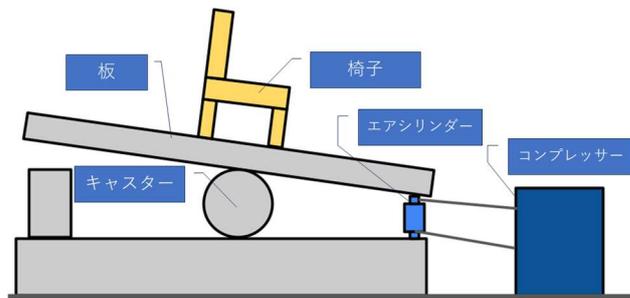


図 3 傾斜装置の概略図

傾斜装置は、椅子、板、エアシリンダーなどで構成される。エアシリンダーが伸縮し、板が回転することで、椅子に座っている体験者を傾けることができる。体験者の体が傾くと、重力の向きの感じ方が変化するため、それを利用して重力が変化する感覚を与える。

### 2.3 視覚提示

HMD を装着することにより、視覚提示を行う。体験者は傾斜装置の椅子に座った状態で、HMD を装着し、体験を開始する。傾斜装置による傾斜感覚の提示に加え、重力の向きの変化を視覚的に再現することで、よりリアルな重力変化感覚の提示を目指す。

### 2.4 システム構成

本企画のシステム構成を図 4 に示す。

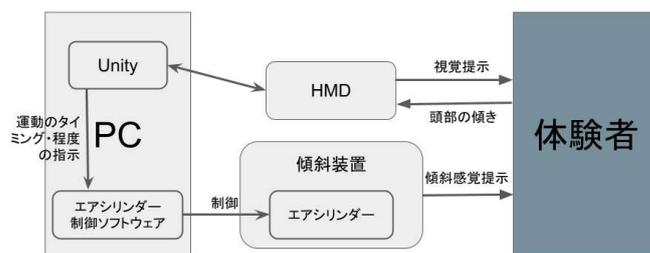


図 4 システム構成図

## 3. 傾斜装置

この章では、第二章で紹介した傾斜装置について詳しく述べる。この装置は、仮想空間上において体験者に働く重力の向きが変わる感覚を再現するため、体を前後方向に傾ける装置である。

### 3.1 装置による重力方向変化感覚の提示方法

仮想空間上の体験者に働く重力が変化するのに応じて、装置がどのように動作するのかを説明する。

例として、2.1 のステージにおいて、体験者の重力が変化する場合を説明する。2.1 のステージで重力が変化する最初のタイミングは、領域 A から領域 B に侵入したときである。まず、このとき体験者に働く重力の向きの変化を図 5 に示す。

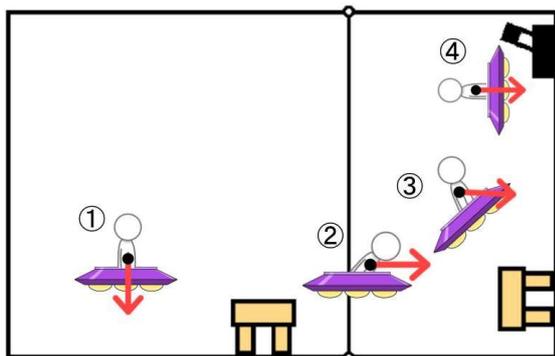


図5 体験者に働く重力の向きの変化

図の赤矢印が体験者に働く重力の向きを示している。図中の①は領域 A にいるときで、下向きに重力が働いている。②では領域 B に入り、体験者に働く重力の向きが右向きになっている。③では、体験者の姿勢を安定させるため、ミニ UFO が反時計回りに回転している。④では、ミニ UFO の向きが重力の向きに対して垂直になるまで回転し終えている。

図 5 について、体験者視点で、どのように重力の向きが変わるように感じるかを図 6 に示す。

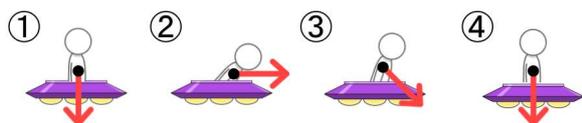


図6 体験者視点での重力の向きの変化

傾斜装置は、図 6 のような重力の向きの変化を、実際に体験者を傾けることで実現する。図の①～④において、装置の動作による体験者の体勢の変化を図 7 に示す。

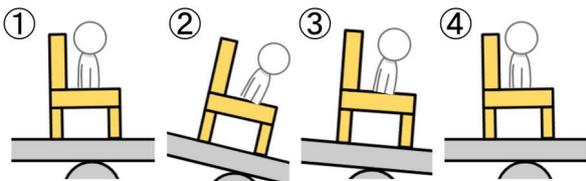


図7 装置の動作による体験者の体勢の変化

図 6 の②において体験者は、自身から見て前向きに力がかかるのを感じるはずである。傾斜装置は、その前向きにかかる感覚を、図 7 の②のように体を前方に傾けることで再現する。つまり、装置で体験者の体勢を前後に傾けることで、仮想空間上の体勢と実際の体勢を対応付ける。図 7 の①～④における装置の具体的な動作過程を図 8 に示す。

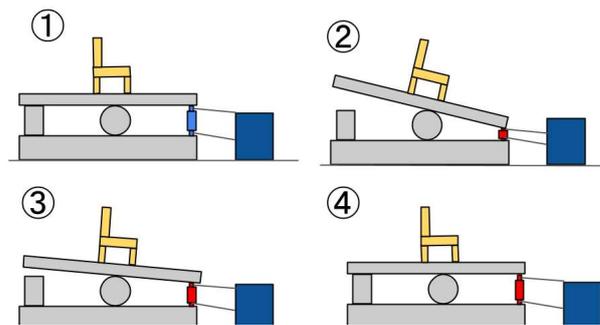


図8 装置の動作の様子

図の②の重力が変化したタイミングで、エアシリンダーが収縮し、椅子及び体験者を前方に傾ける。その後、③で徐々に椅子を水平状態に戻していく。④ではじめの水平な状態に完全に戻る。

他にも、2.1 のステージでレバーを倒すことにより重力を下方に変えるときや、他のステージで別の方向に重力が変化するときも、同様に行う。体験者が感じるであろう力の向きに対応して、傾斜装置で体験者を傾けることで、重力の向きが変化する感覚を再現する。

### 3.2 装置の構成

傾斜装置は、椅子、板、エアシリンダー、コンプレッサー、キャスター、土台で構成される。エアシリンダーは、コンプレッサーで圧縮された空気のエネギーを利用して伸縮する。

## 4. まとめ

本企画の面白さは、次の 2 点に集約できる。

1 つ目は、重力変化という未知の体験ができることである。言うまでもなく、私たちに働く重力の方向は一定で、変化することはない。重力の変化を顕著に感じることができる人がいるとすれば、宇宙飛行士ぐらいではないだろうか。本企画では、ほとんどの人にとって未知なるものであろう重力変化という感覚を、誰でも味わうことができる。また、1 つのステージの体験で、異なる領域間を移動するときと、レバーで重力の方向を変えるときで、2 回も重力が変わる体験が出来る点も魅力的だと考える。

2 つ目は、体験の後半で、重力に従って家具が一斉に落ちる爽快感が味わえることである。本体験は、重力を一方に統一することがゴールである。そのため、重力の向きが異なる領域に入り、レバーを引いて重力の方向を変える操作を行う。このとき、その領域内の家具が重力に従って、一斉に落下する爽快感を味わうことができる。

### 参考文献

- [1] 上野の森美術館．“ミラクル エッシャー展 奇想版 画家の謎を解く 8 つの鍵”．美術手帖．  
<https://bijutsutecho.com/exhibitions/1870>, (2024/05/01)．